Für die Vollständigkeit und Richtigkeit der einzelnen Inhalte der Vorlesung 61-020 „Einführung in die Pflanzenphysiologie“ kann keine Gewähr übernommen werden.

Es ist nicht gestattet, diese Vorlesung oder Teile dieser Vorlesung ohne ausdrückliche Genehmigung der Dozentinnen und Dozenten für die Wiedergabe im Druck, Vorträge oder eine andere Art der Veröffentlichung, auch nicht im Internet, zu verwenden. Für Teile der Abbildungen liegen die Rechte bei Buchverlagen, wissenschaftlichen Zeitschriften oder bei den Dozentinnen und Dozenten dieser Veranstaltung.

Hamburg, 19.12. 2022 Prof. Stefan Hoth

Geplanter Ablauf der Vorlesung

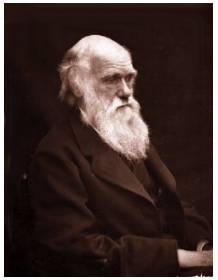
17. Oktober 2022	Wasserhaushalt
24. Oktober 2022	Mineralstoffernährung
7. November 2022	Mineralstoffernährung/ Bodenkunde
14. November 2022	Photosynthese
21. November 2022	Photosynthese
28. November 2022	Photosynthese
5. Dezember 2022	Photosynthese
12. Dezember 2022	Photosynthese
19. Dezember 2022	Pflanzenhormone
9. Januar 2023	Pflanzenhormone
16. Januar 2023	Pflanzenhormone
23. Januar 2023	Licht als Entwicklungsstimulus
30. Januar 2023	Licht als Entwicklungsstimulus

Was ist ein Pflanzenhormon ?

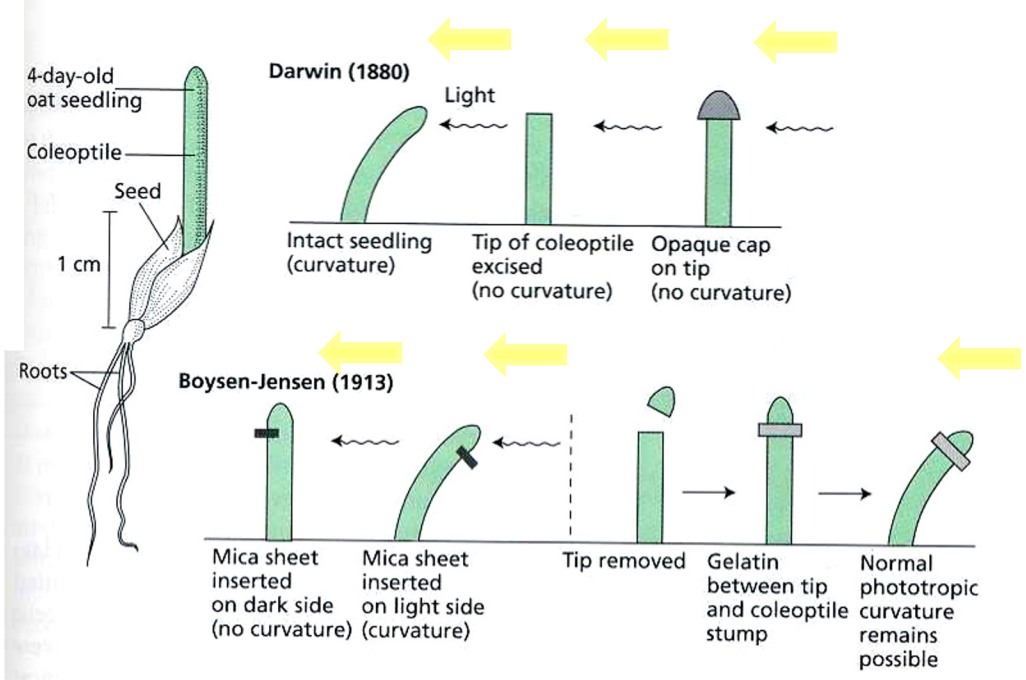
klassische Phytohormone

Auxin	IAA
Cytokinin	CK
Gibberellin (-säure)	GA
Abscisin (-säure)	ABA
Ethylen	

Die Geschichte des Auxin-Konzeptes



Koleoptilenkrümmungstest

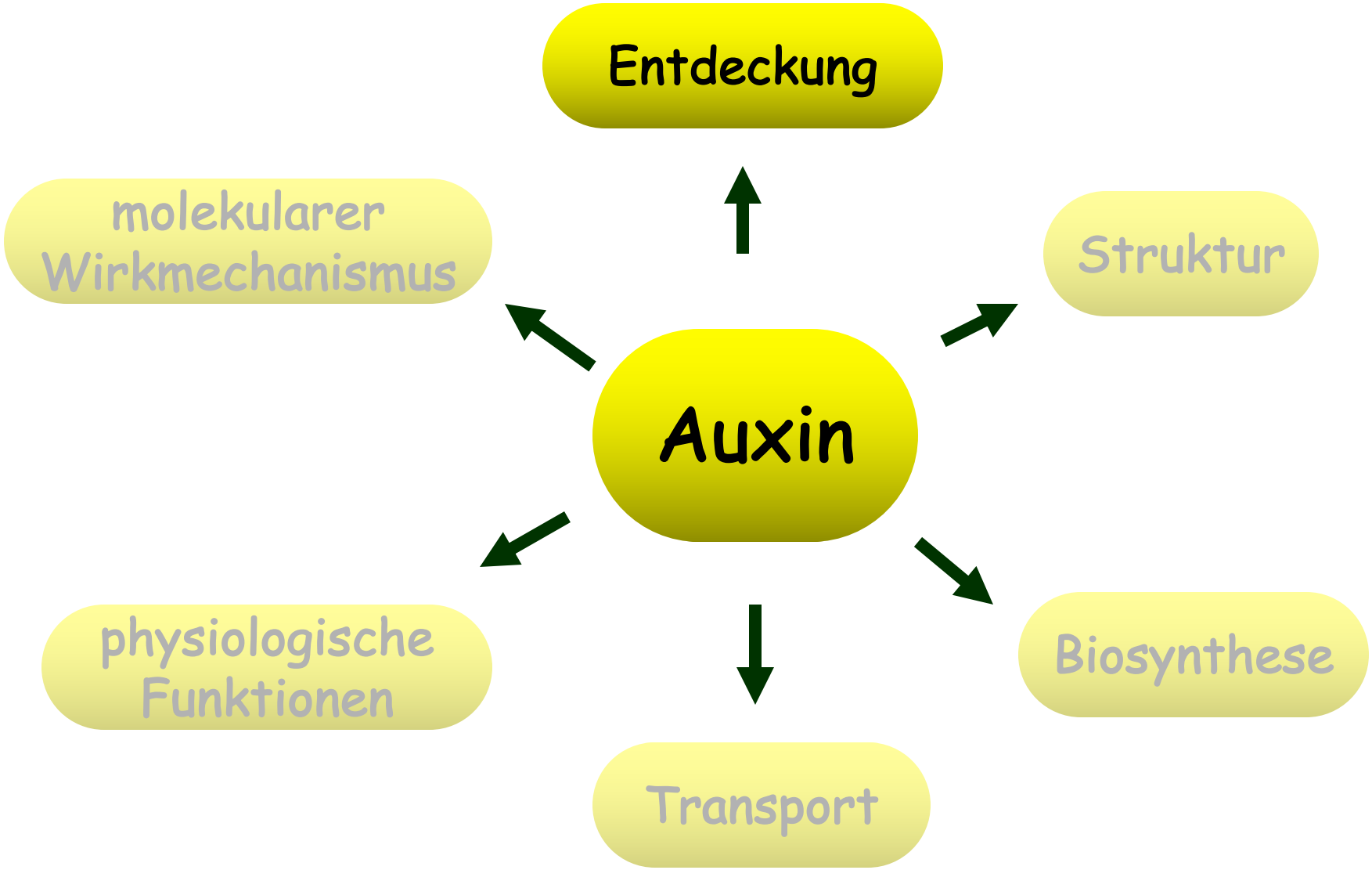


Krümmung ist abhängig von ...

... intakter, belichteter Spitze

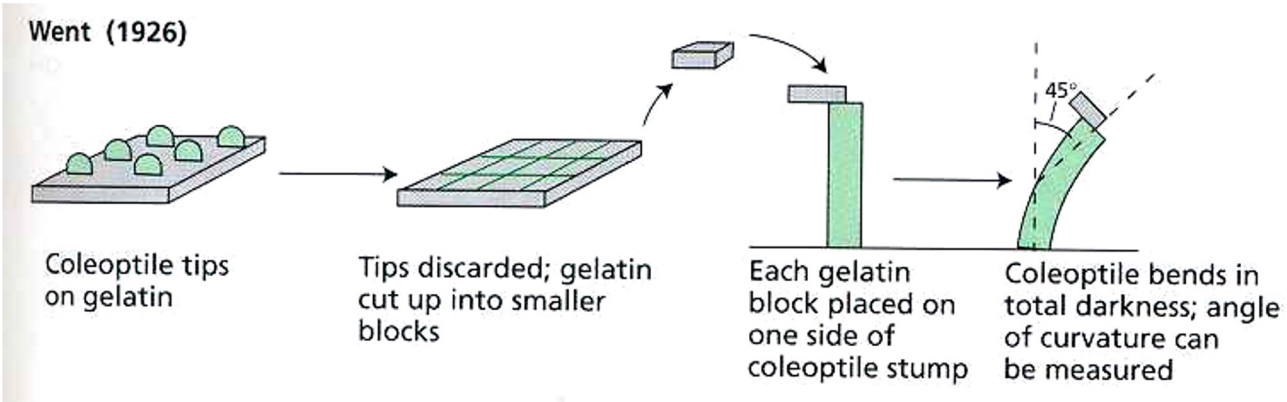
... diffundierendem "Stoff" (?)

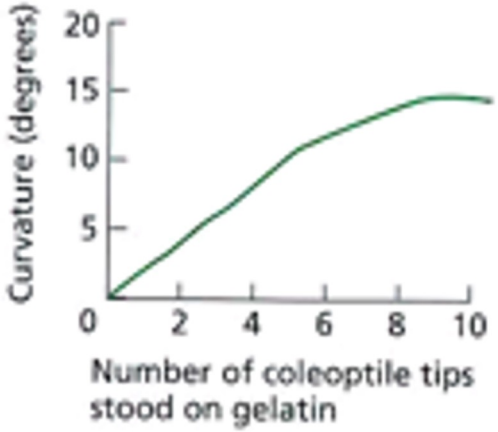
Taiz & Zeiger, Plant Physiology


Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Auxin
physiologische Funktionen
Biosynthese
Transport

Die Geschichte des Auxin-Konzeptes

Avena-Krümmungstest





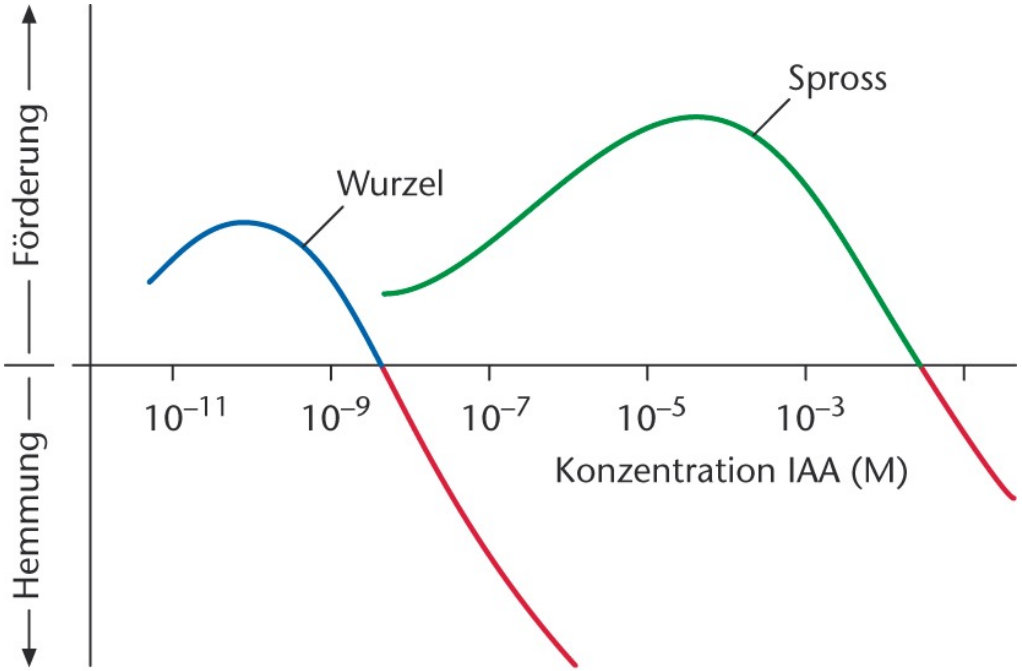
Taiz & Zeiger, Plant Physiology

Auxin *(auxein; gr. = zunehmen, wachsen)*

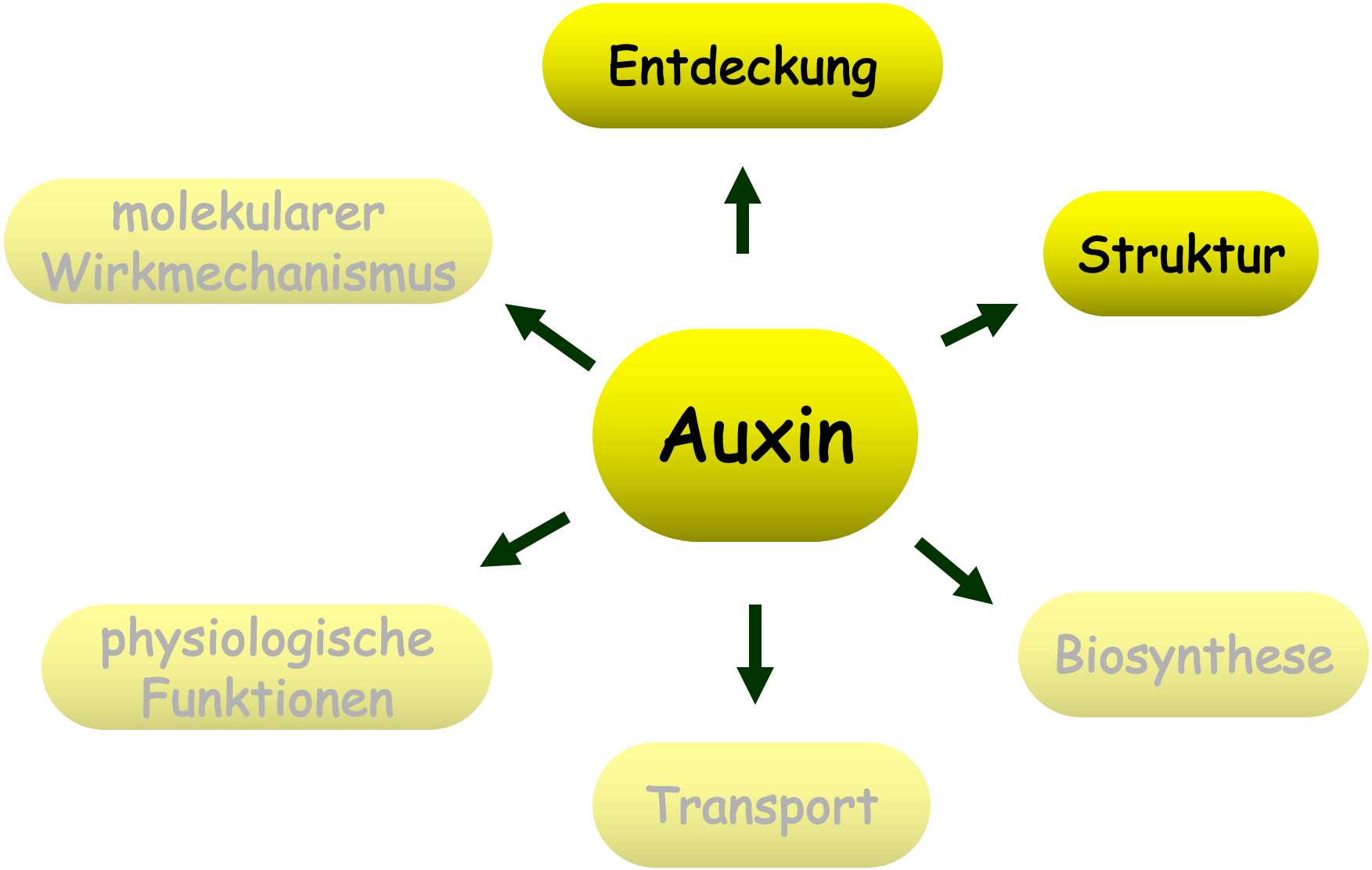
Die Geschichte des Auxin-Konzeptes

Glockenkurve der Auxin-Wirkung

Auxin *(auxein; gr. = zunehmen, wachsen)*



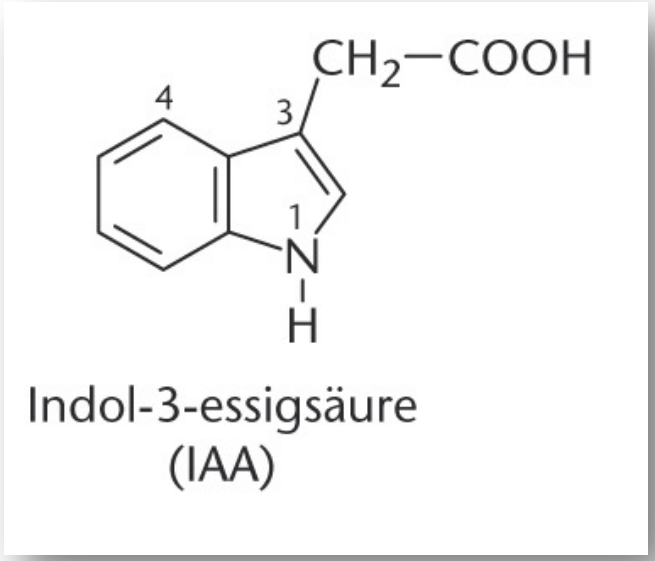
Aus: Strasburger, *Lehrbuch der Botanik, 36. Aufl.*
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2008


Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Auxin
physiologische Funktionen
Biosynthese
Transport

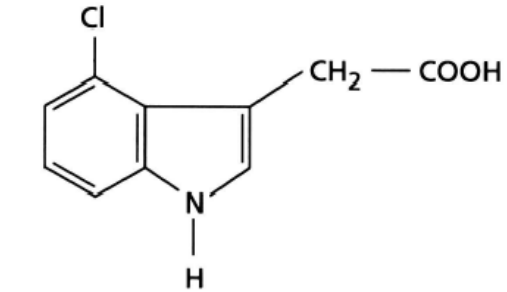
Die chemische Natur von Auxinen

IAA ist das wichtigste Auxin höherer Pflanzen

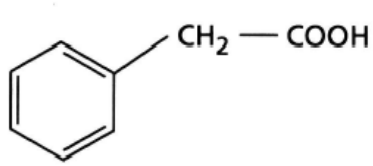
Indole-3-acetic acid (IAA)



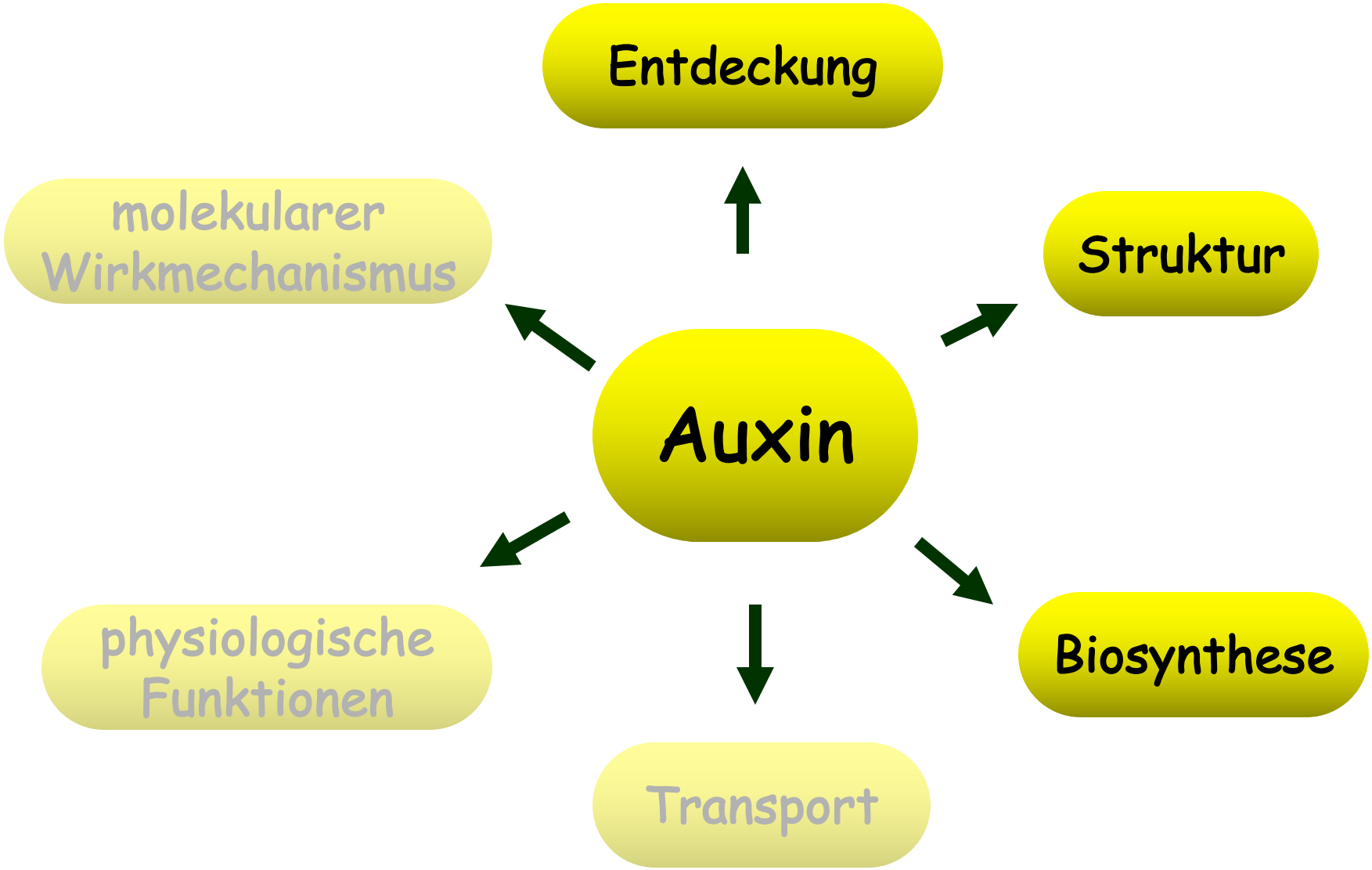
- Weitere natürliche Auxine
  (seltener, geringere physiologische Bedeutung)



4-Chlorindol-3-Essigsäure (4-Cl-IAA)

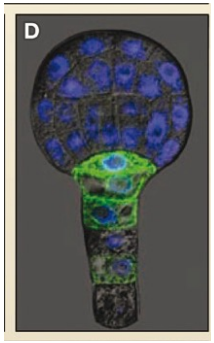


Phenylessigsäure (PAA)

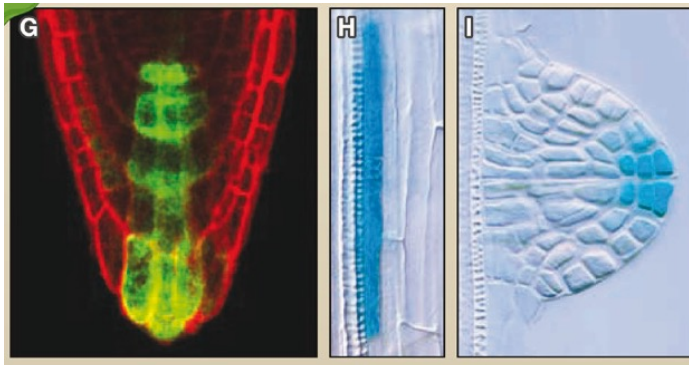

Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Auxin
physiologische Funktionen
Biosynthese
Transport

Die Biosynthese von Auxinen

- in Geweben mit hoher Teilungsaktivität



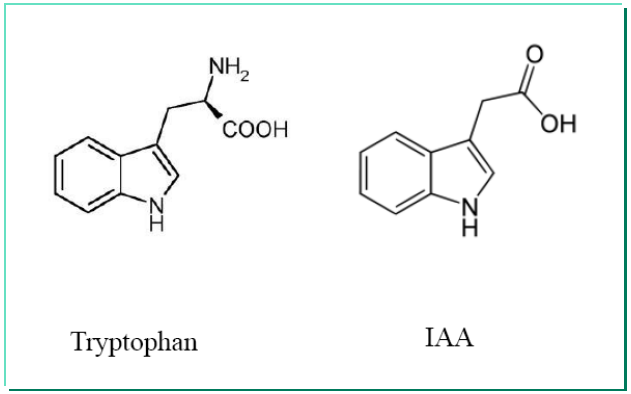
Embryo



Meristeme

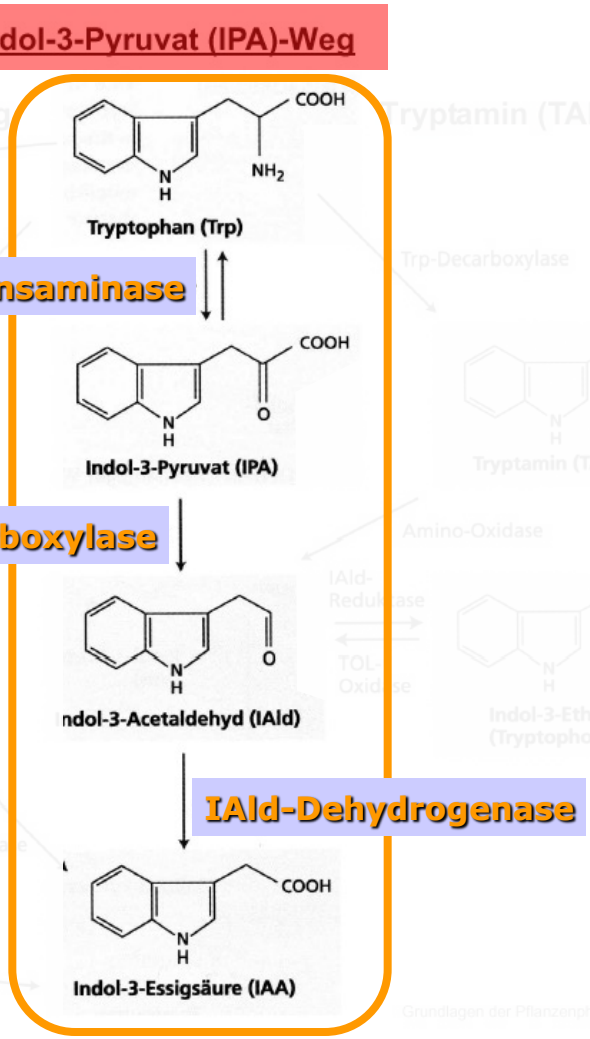
- chemisch mit der Aminosäure **Tryptophan** verwandt

(Trp wird in Chloroplasten synthetisiert!)



- **drei Wege** der Biosynthese von Auxin aus Tryptophan

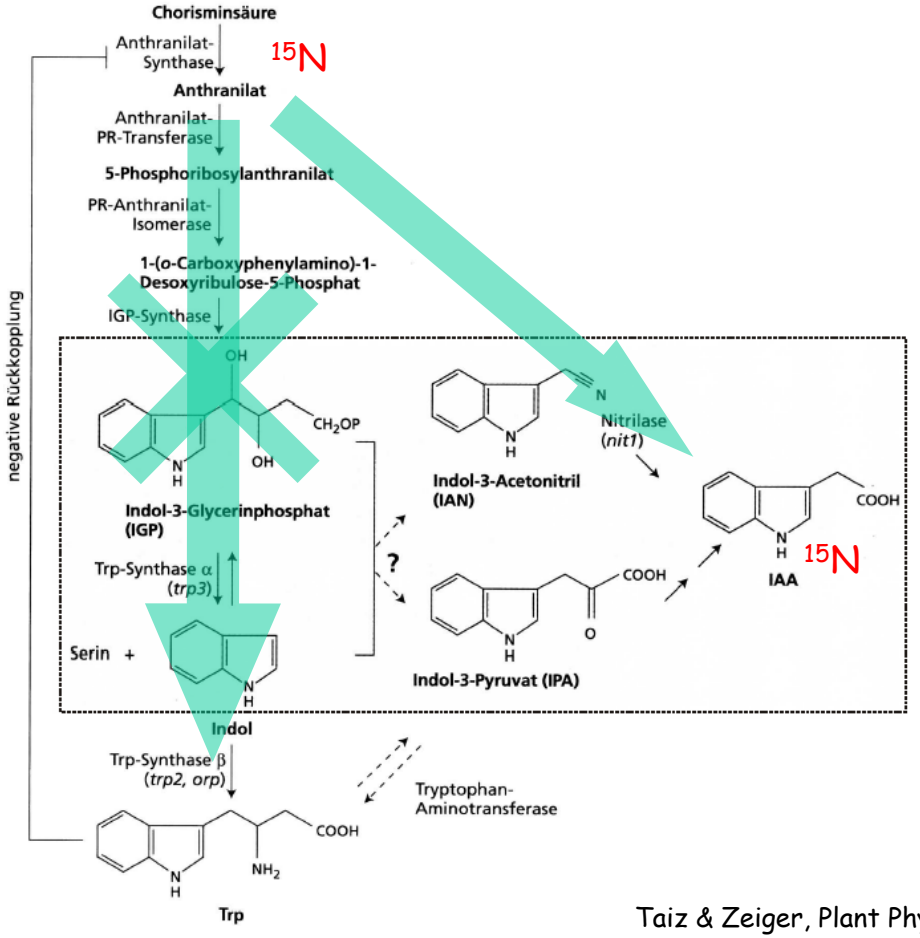
Die Biosynthese von Auxinen



Die meisten Arten besitzen den IPA-Weg !

Die Biosynthese von Auxinen

IAA kann auch aus Indolen synthetisiert werden [Tryptophan-unabhängiger Weg]

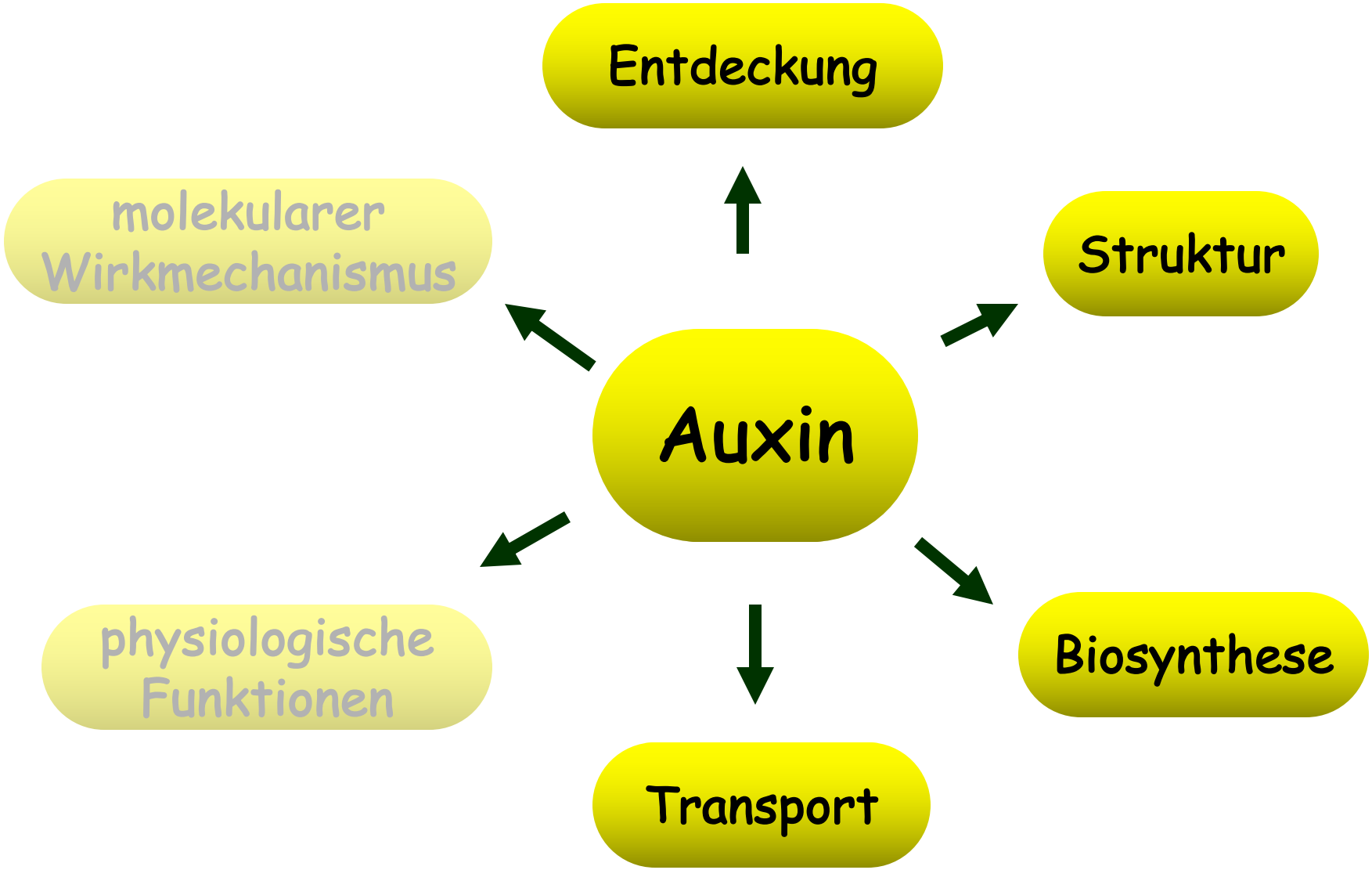


Taiz & Zeiger, Plant Physiology

Mutante *orp* (orange pericarp)

Füttern von [^{15}N]Anthranilat

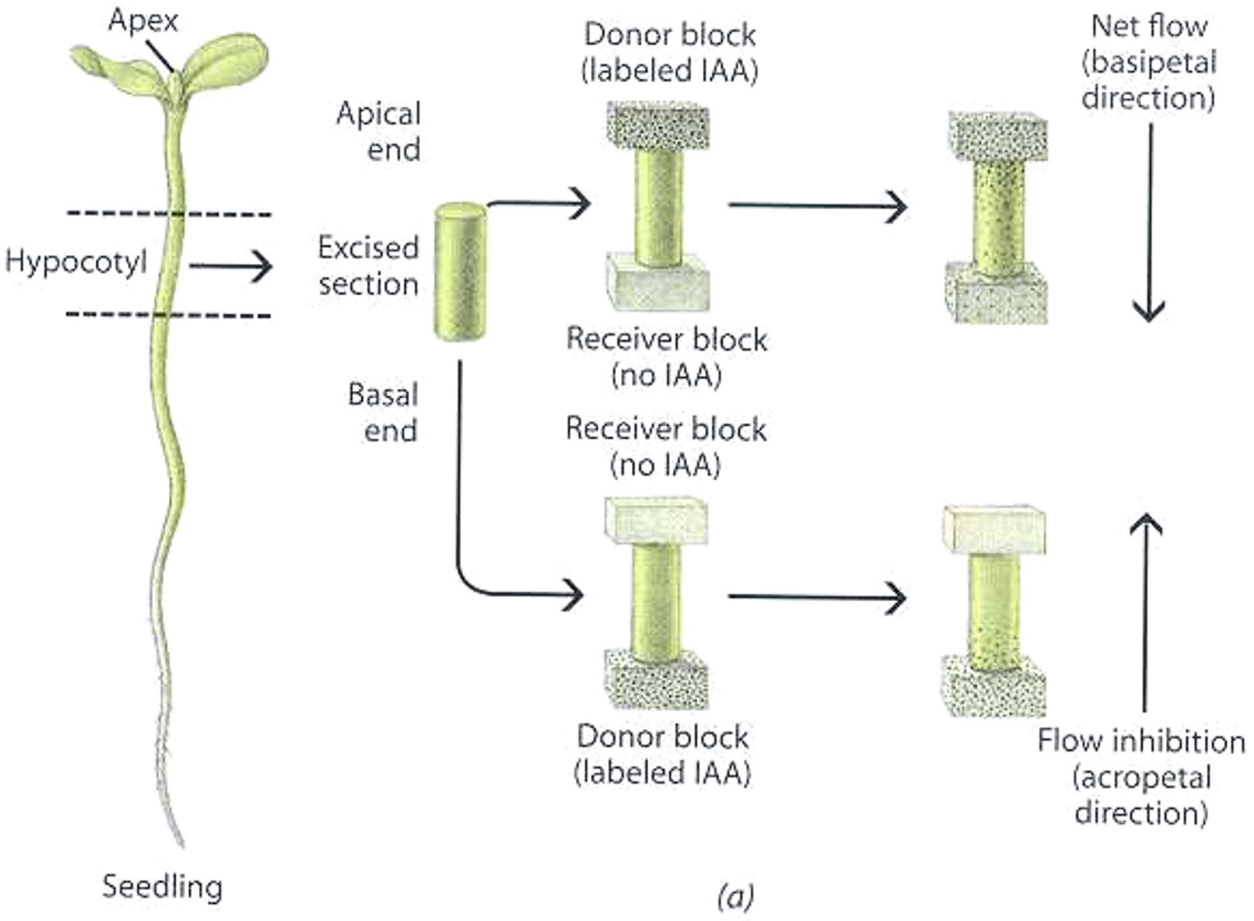
⇒ ^{15}N nicht in Trp, aber in IAA


Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Auxin
physiologische Funktionen
Biosynthese
Transport

Polarer Transport von Auxin

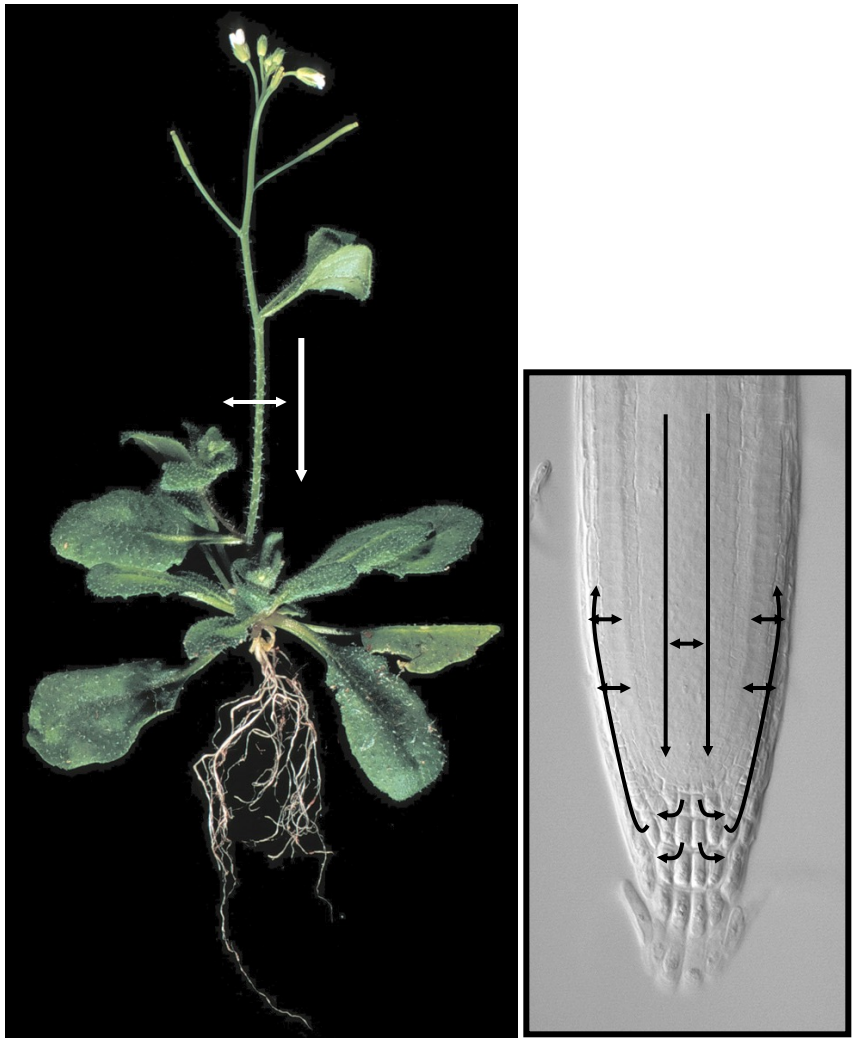
Auxin ist das einzige polar transportierte Pflanzenhormon

Donor-Rezeptor-Agarblocktechnik:



Polarer Transport von Auxin

Auxin ist das einzige polar transportierte Pflanzenhormon



basipetal - Vom Sprossapex zur Basis
im Leitgewebe

lateral - quer zur Sprossachse

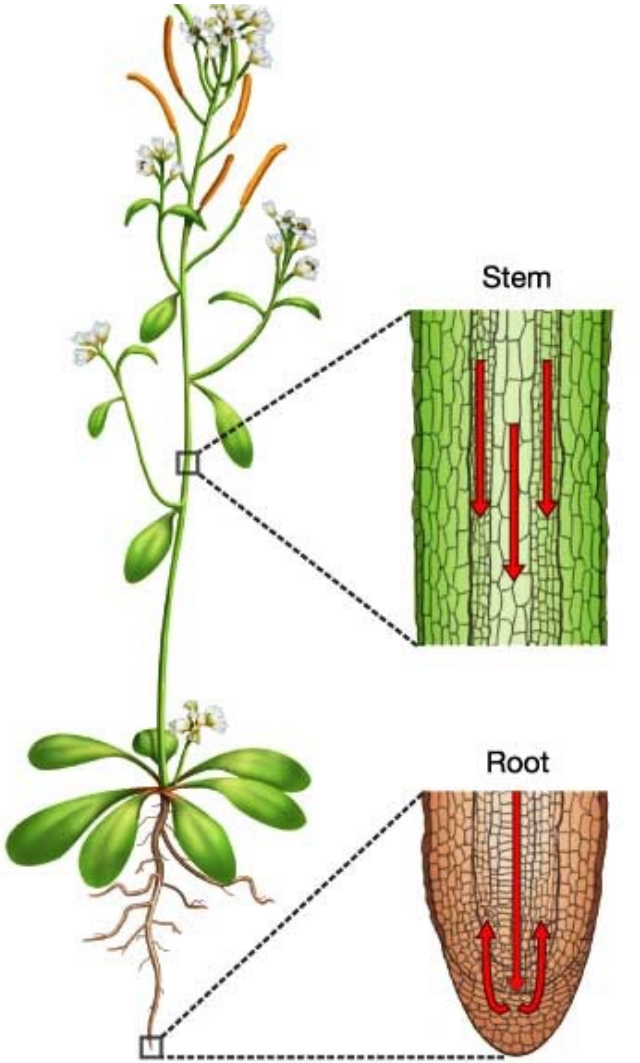
acropetal - von der Wurzelbasis zum Apex
im Zentralzylinder

basipetal - vom Wurzelapex zur Basis
in der Rhizodermis bzw. Rinde

lateral - quer zur Wurzelachse
in der Wurzelspitze

Polarer Transport von Auxin

Auxin wird in Spross und Wurzel polar transportiert



Der IAA-Transport erfolgt ...

... im Sproß basipetal
(Apex ⇒ Basis)

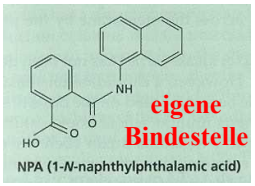
... von Zelle zu Zelle
(nicht symplastisch)

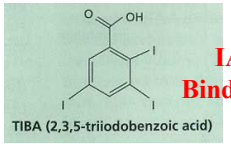
... in der Wurzel akropetal
(Basis ⇒ Spitze)

... Stoffwechselenergie-abhängig und Schwerkraft-unabhängig

... ca. 1 cm/h (zu langsam für Phloemtransport)

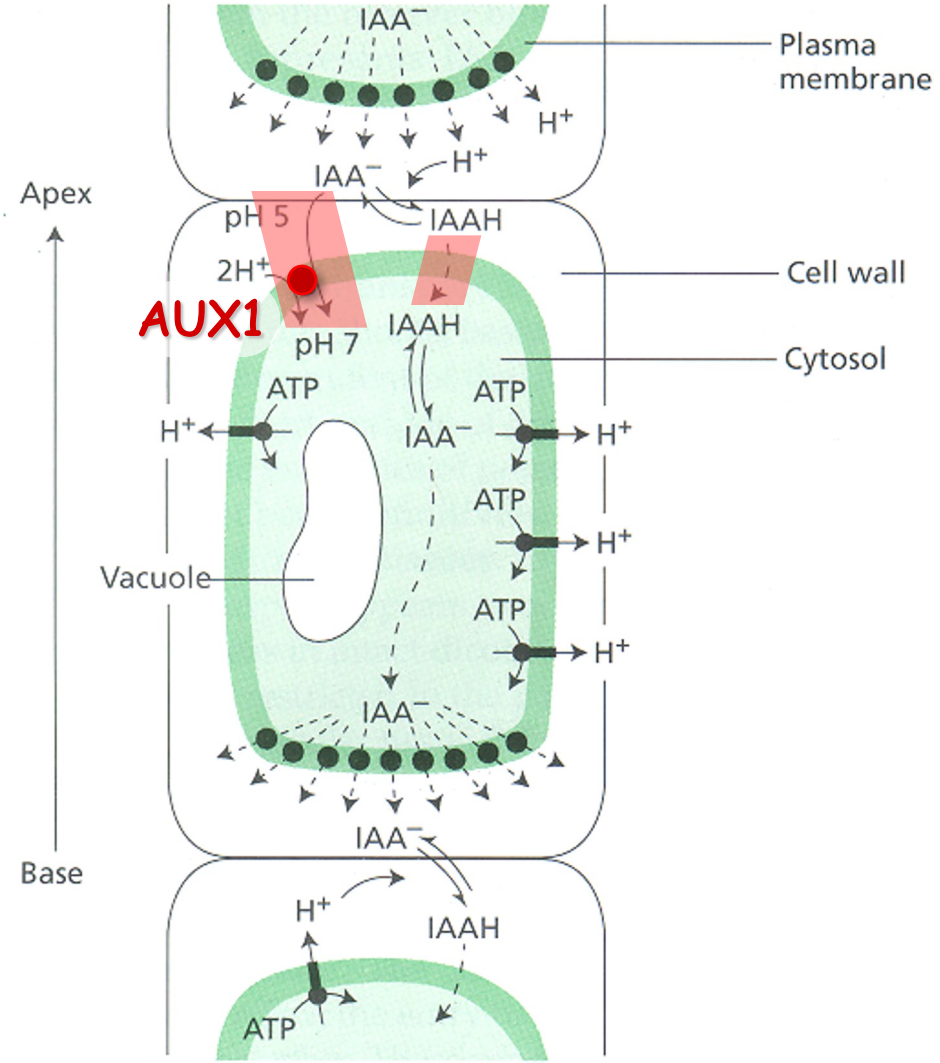
... IAA-Transporthemmstoffe





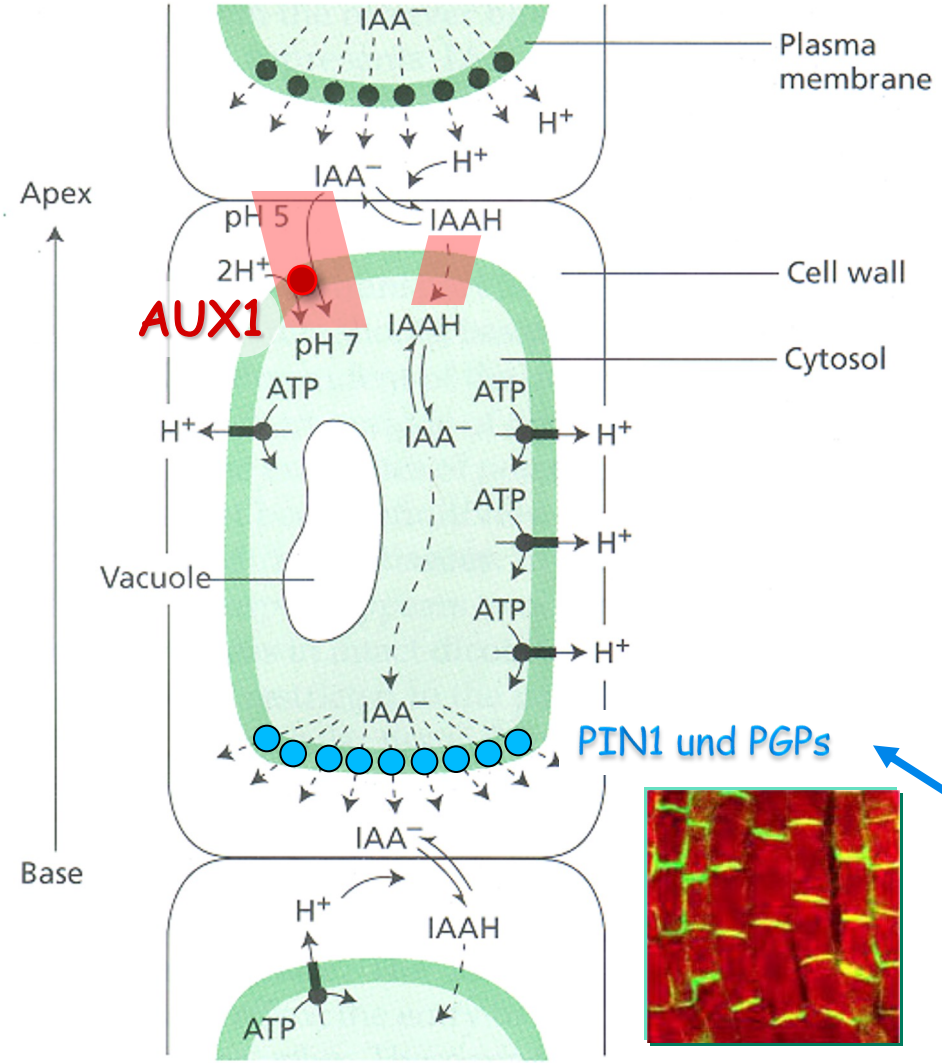
Polarer Transport von Auxin

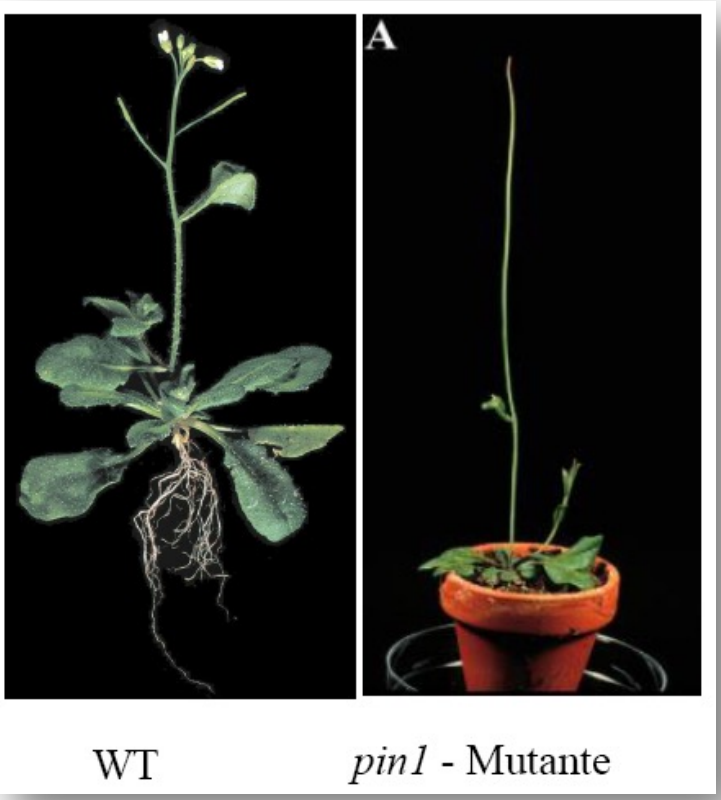
Das chemiosmotische Modell



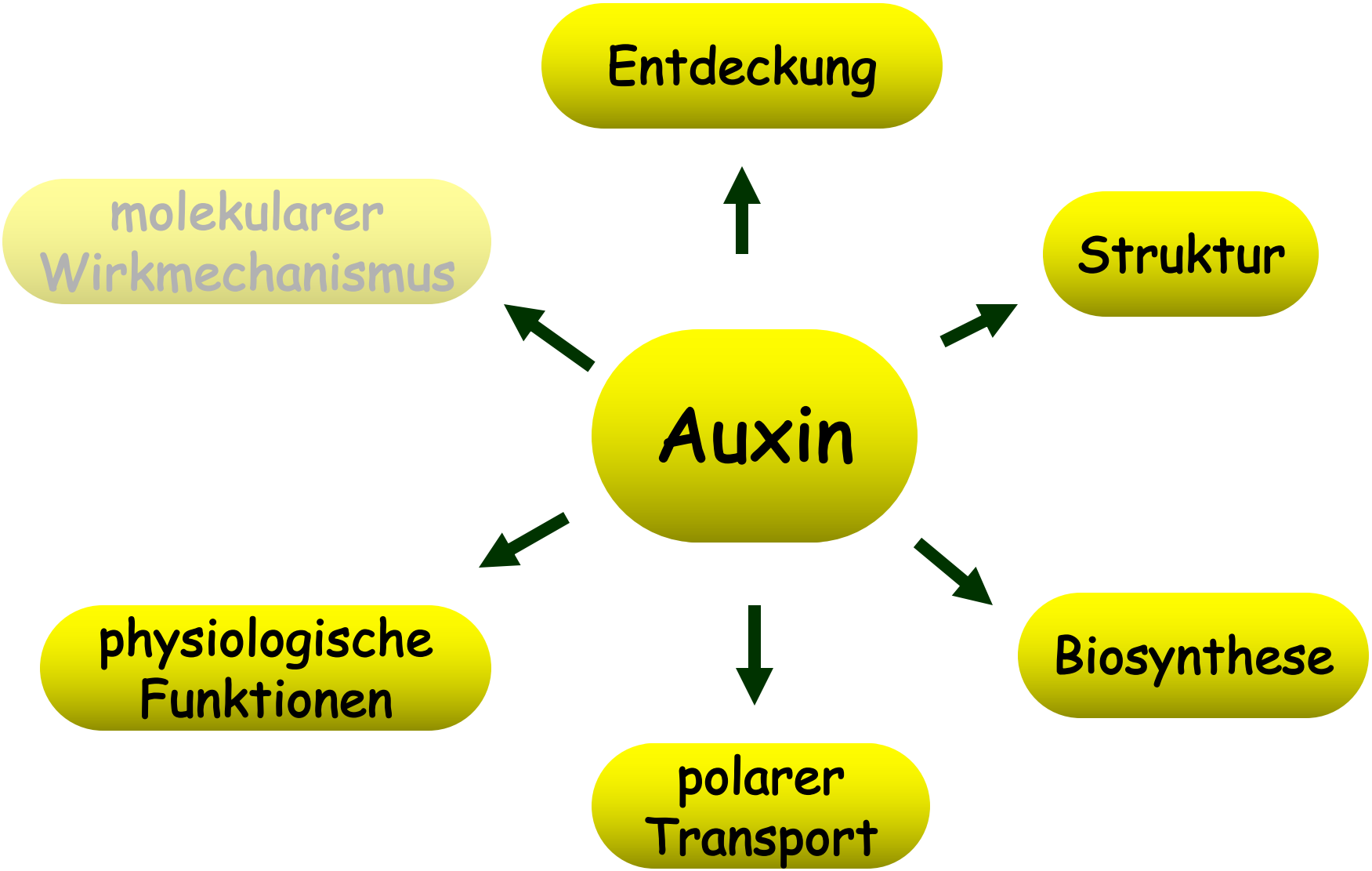
Polarer Transport von Auxin

Das chemiosmotische Modell





- Efflux-Transporter (Arabidopsis)
- Transmembran-Protein in basalen Membranen


Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Auxin
physiologische Funktionen
Biosynthese
polarer Transport

Physiologische Hauptwirkungen von Auxin

Zellstreckung

Transiente Auflockerung der Zellwand durch Steigerung des Protonenexports **(Säurewachstums-Hypothese)**.

Beteiligt sind u. a. Expansine
(lösen H-Brücken zwischen Zellwand-Polysacchariden)

Phototropismus

Querverschiebung von Auxin in Hypocotylspitzen, vermittelt durch Phosphorylierungsgradienten des NPH1 (Blaulicht-Rezeptor).

Gravitropismus

Schwerkraftwahrnehmung erfolgt durch Schweresensoren **("Statolithen", "Stärke-Statolithen-Hypothese")**.

Auch stärkefreie Mutanten zeigen noch Gravitropie.

Möglicherweise z.B. Zellkerne beteiligt, bzw. alles, was auf das Cytoskelett/ER ungleichmäßigen Druck ausüben kann.

Apikaldominanz

Koordinierte Wirkung von IAA mit Cytokininen und ABA.

Bildung von Seiten- & Adventivwurzeln

Hohe Auxinkonzentrationen hemmen das Wurzelwachstum, fördern jedoch die Bildung von Seitenwurzeln durch Förderung sekundärer Teilungsaktivität bereits ausdifferenzierter Zellen des Perizykel.

Stecklingsvermehrung durch Stimulation der Adventivwurzelbildung.

Förderung der Fruchtentwicklung

in Wechselwirkung mit anderen Hormonen, z.B. Ethylen.

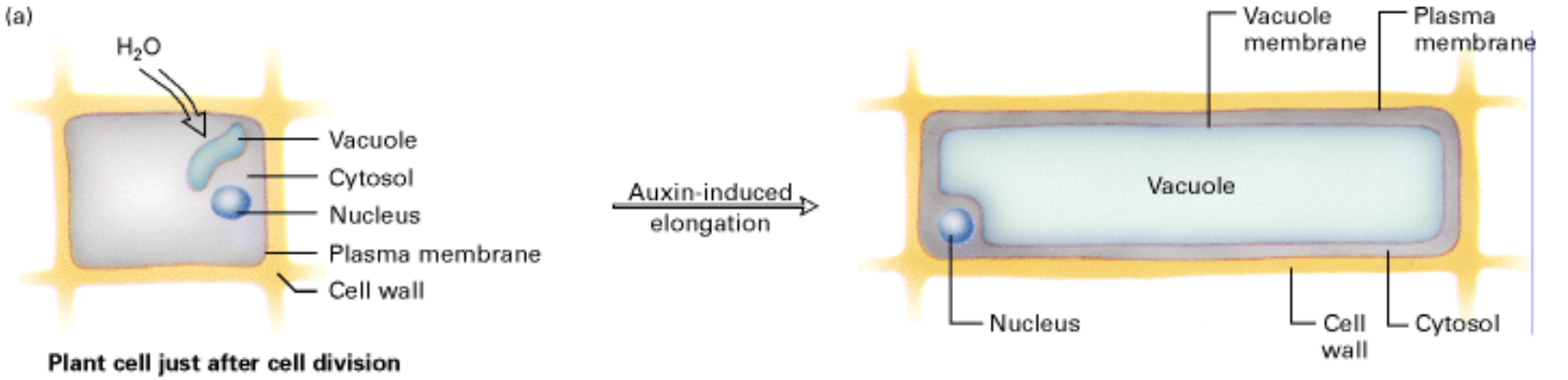
Auxinapplikation auf unbestäubte Blüten kann zu samenlosen Früchten führen (Parthenocarpie).

Induktion der Leitbündeldifferenzierung

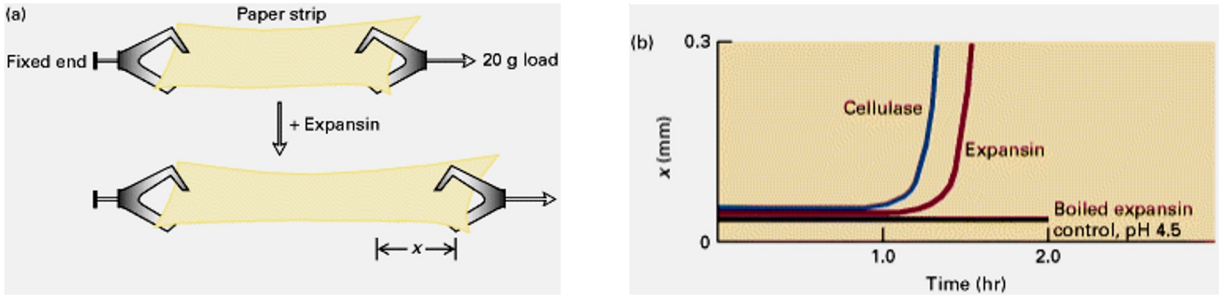
In der Entwicklung, nach Verwundung

Physiologische Hauptwirkungen von Auxin

IAA stimuliert die Zell-Elongation



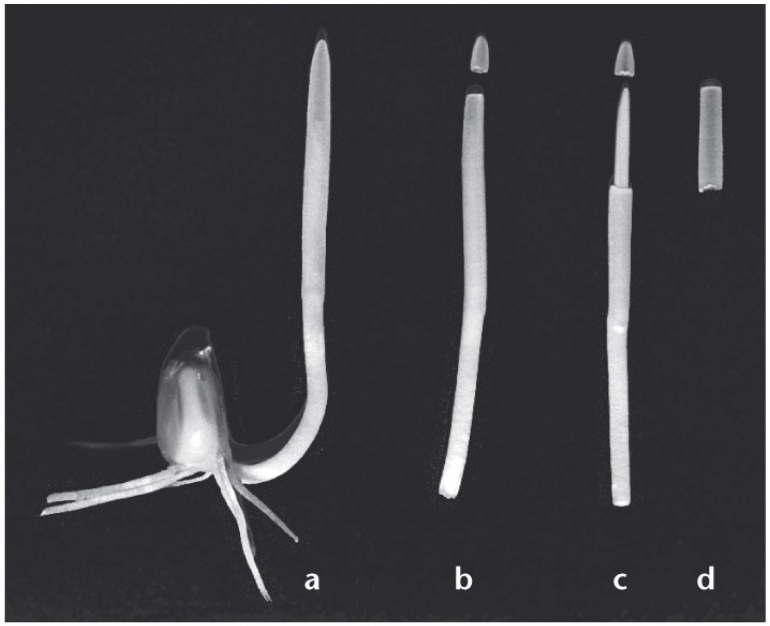
Expansin-Wirkung auf Papier



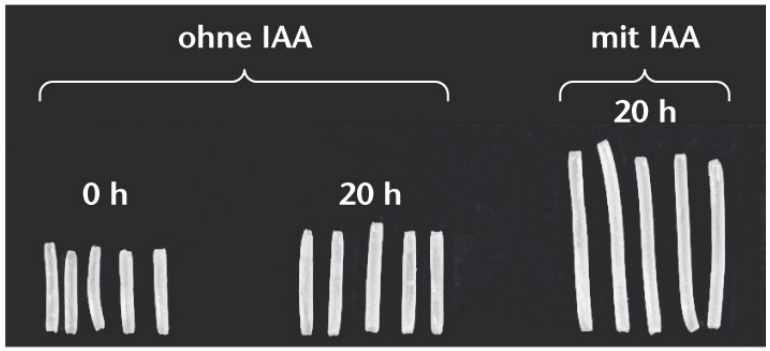
Physiologische Hauptwirkungen von Auxin

2 Modelle für Zellstreckung durch Auxine:

A



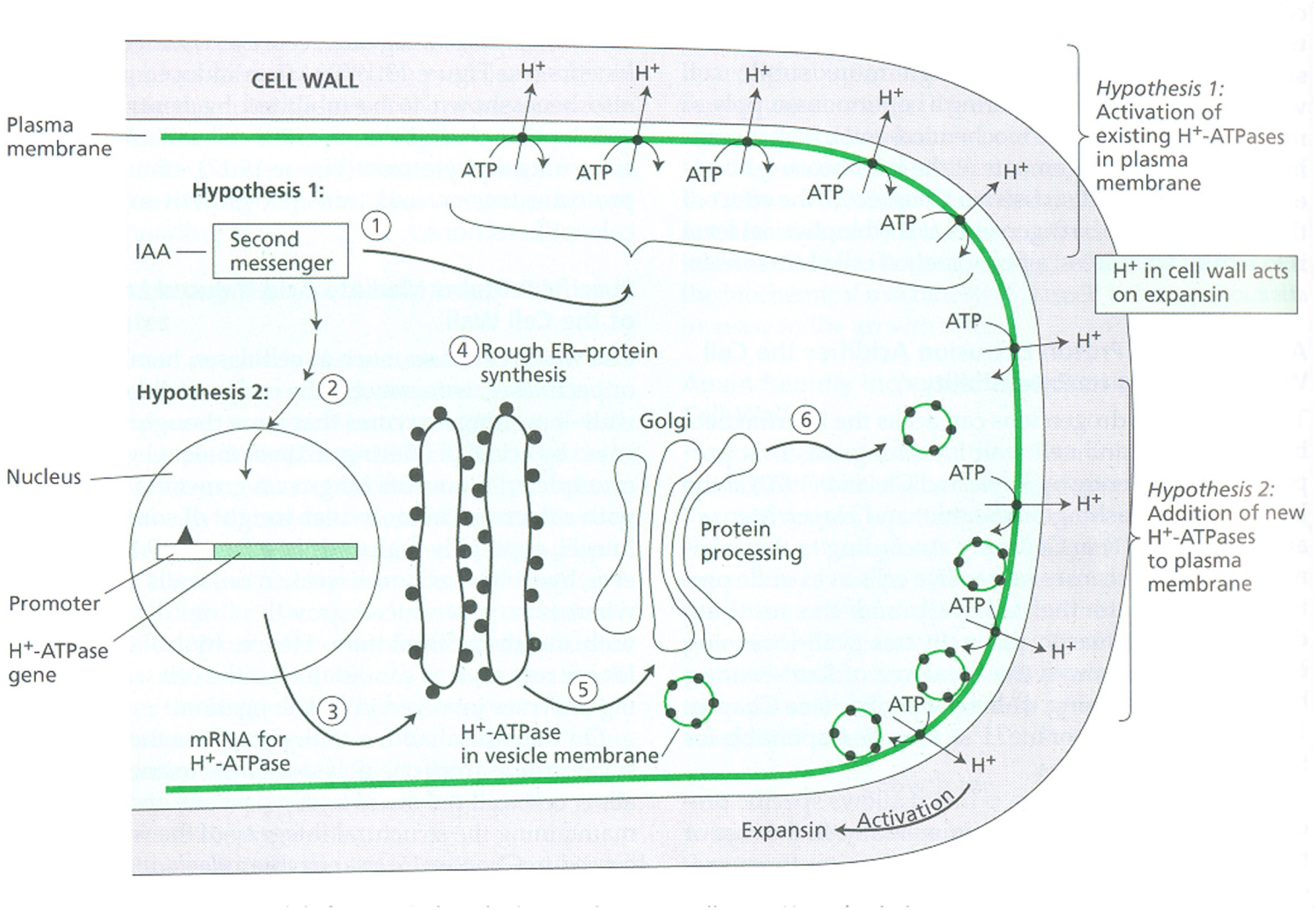
B



Aus: Strasburger, *Lehrbuch der Botanik, 36. Aufl.*
© Spektrum Akademischer Verlag GmbH 2008

Physiologische Hauptwirkungen von Auxin

2 Modelle für Zellstreckung durch Auxine:



direkt

indirekt

Physiologische Hauptwirkungen von Auxin

Zellstreckung

Transiente Auflockerung der Zellwand durch Steigerung des Protonenexports (**Säurewachstums-Hypothese**).

Beteiligt sind u. a. Expansine
(Lösung der H-Brücken zwischen Zellwand-Polysacchariden; Papier).

Förderung der Biosynthese von Zellwandmaterial durch Genaktivierung.

Phototropismus

Querverschiebung von Auxin in Hypocotylspitzen, durch Licht-gesteuerte Phosphorylierung des NPH1 ? (Blaulicht-Rezeptor; Phototropin).

Gravitropismus

Schwerkraftwahrnehmung erfolgt durch Schweresensoren (**"Statolithen", "Stärke-Statolithen-Hypothese"**).

Auch stärkefreie Mutanten zeigen noch Gravitropie.

Möglicherweise z.B. Zellkerne beteiligt, bzw. alles, was auf das Cytoskelett/ER ungleichmäßigen Druck ausüben kann.

Apikaldominanz

Koordinierte Wirkung von IAA
mit Cytokininen und ABA.

Bildung von Seiten- & Adventivwurzeln

Hohe Auxinkonzentrationen hemmen das Wurzelwachstum, fördern jedoch die Bildung von Seitenwurzeln durch Förderung sekundärer Teilungsaktivität bereits ausdifferenzierter Zellen des Perizykel.

Stecklingsvermehrung durch Stimulation der Adventivwurzelbildung.

Förderung der Fruchtentwicklung

in Wechselwirkung mit anderen Hormonen, z.B. Ethylen.

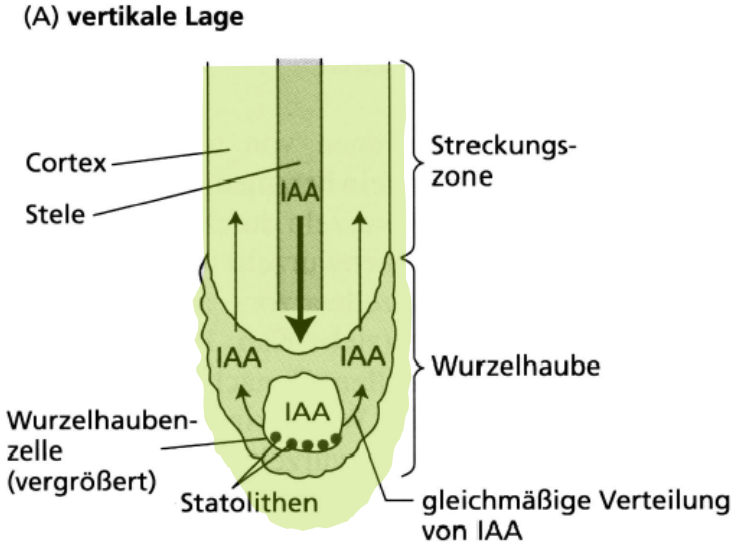
Auxinapplikation auf unbestäubte Blüten kann zu samenlosen Früchten führen (Parthenocarpie).

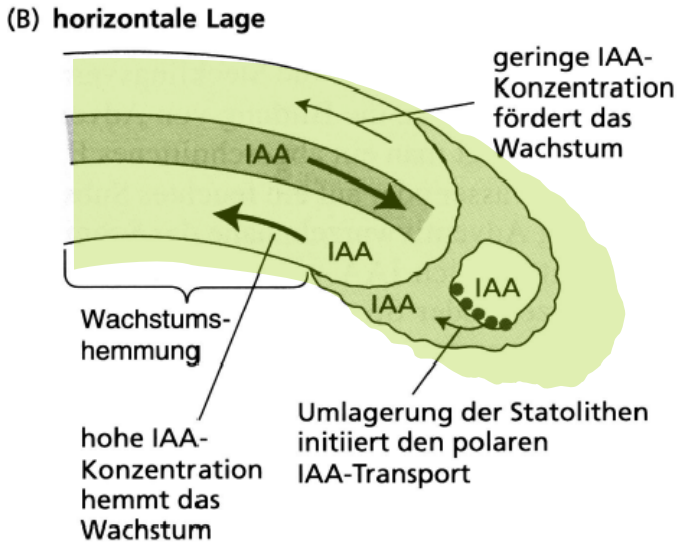
Induktion der Leitbündeldifferenzierung

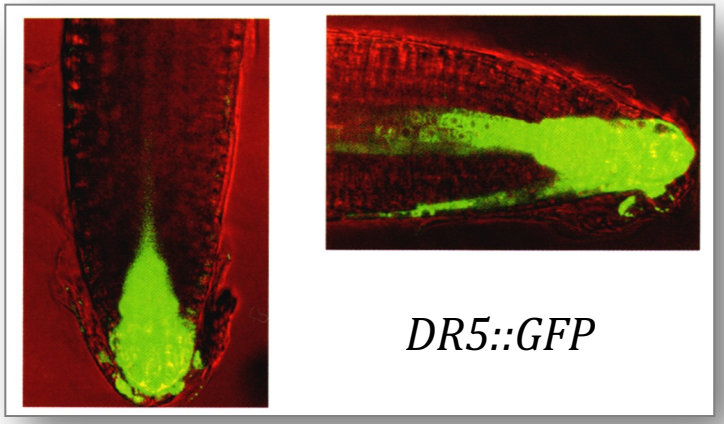
In der Entwicklung, nach Verwundung

Physiologische Hauptwirkungen von Auxin

Auxinverteilung während der gravitropen Reaktion (Maiswurzel)

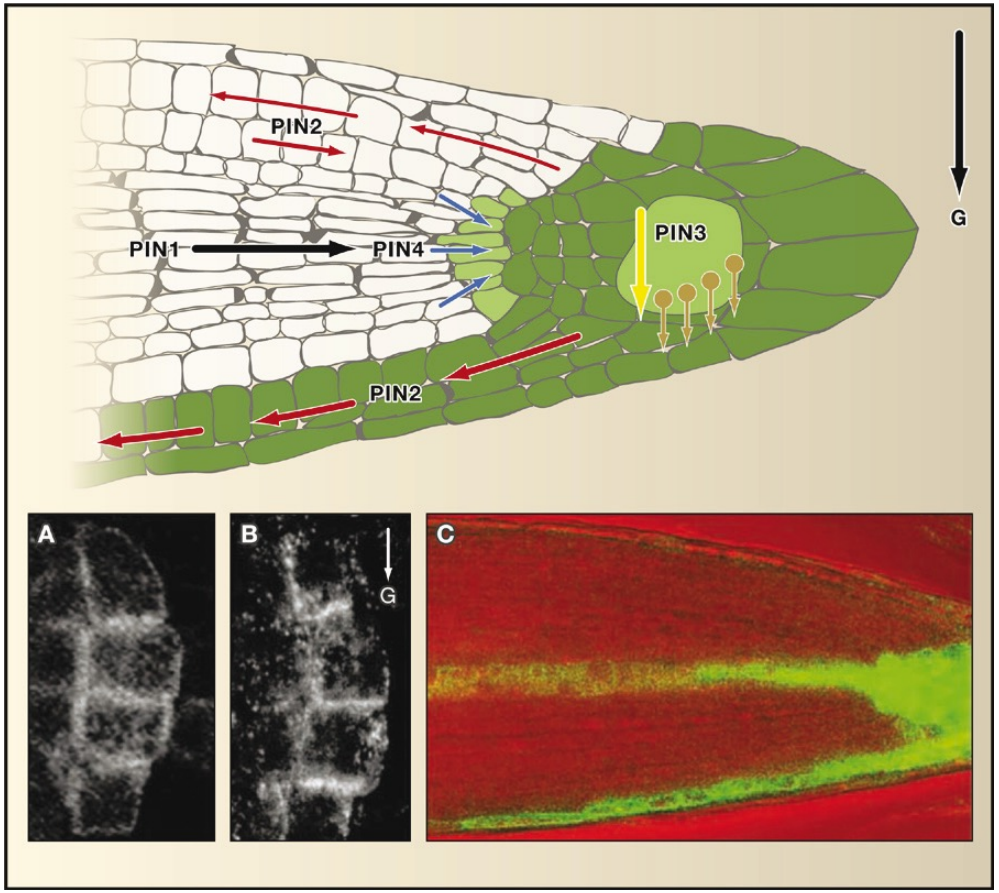




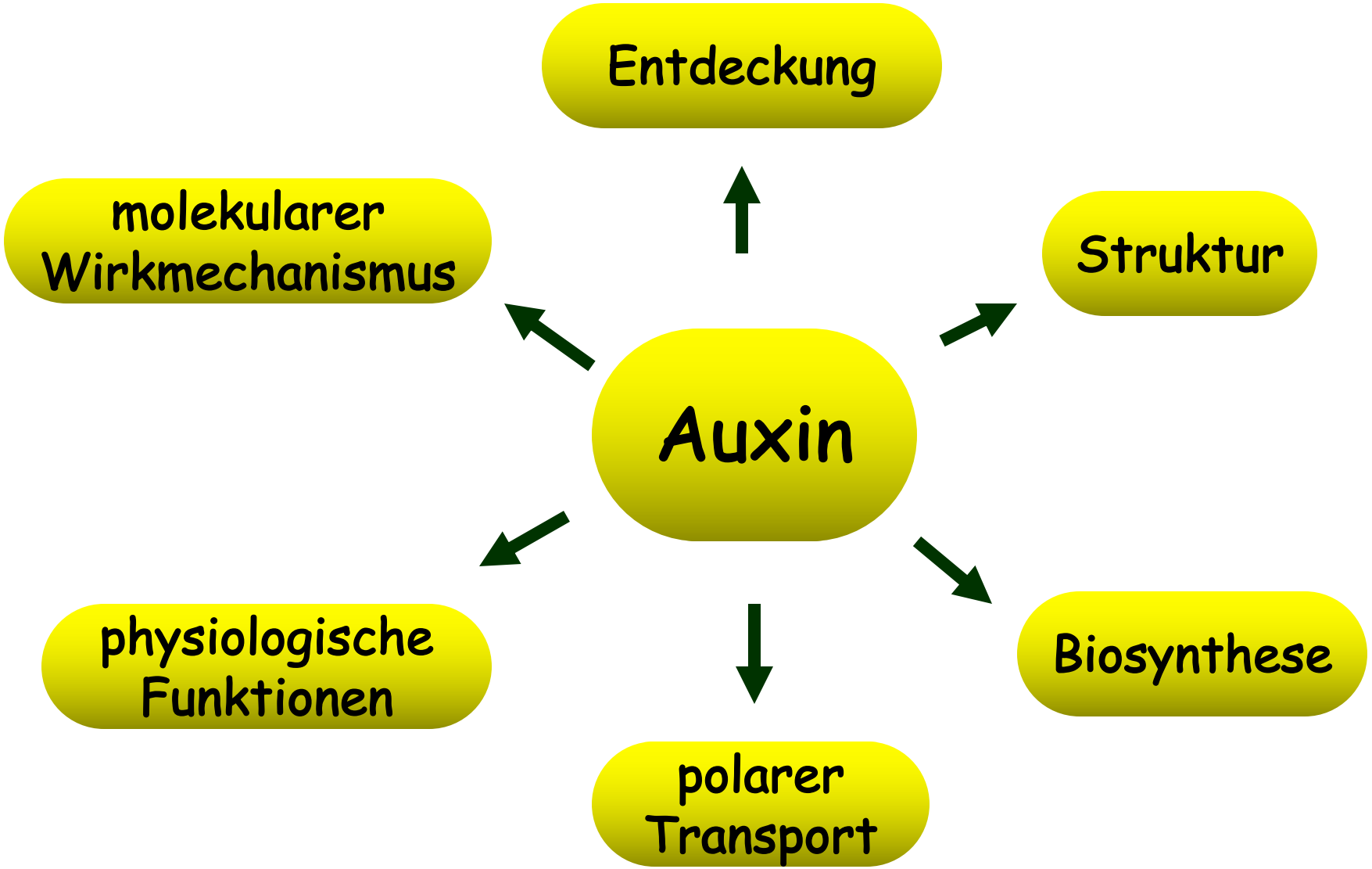


Der molekulare Wirkmechanismus

Laterale Auxinverschiebung durch PIN3

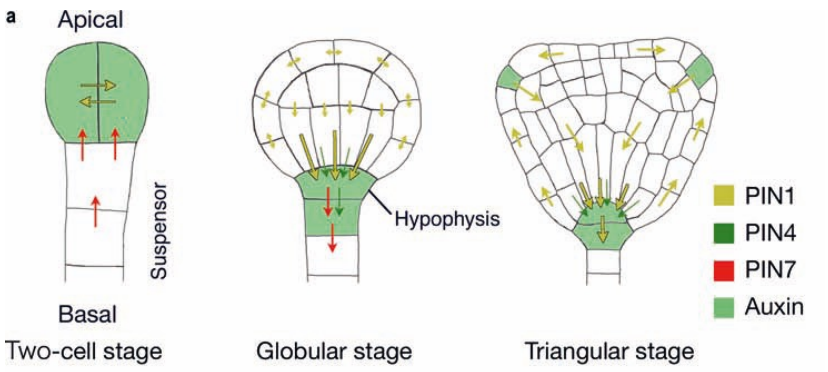


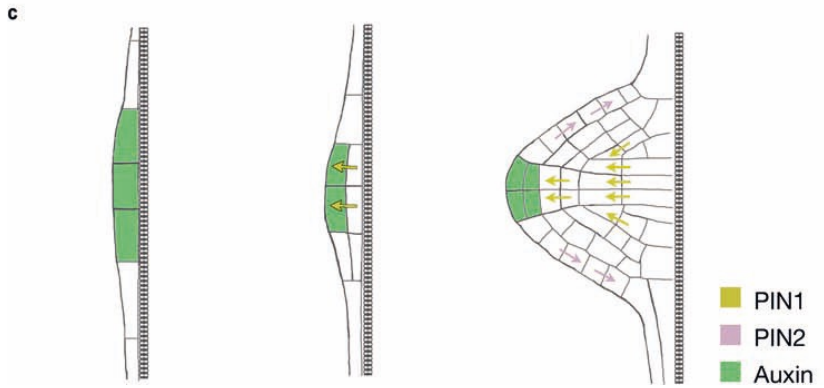
Vanneste & Friml, Cell 2009

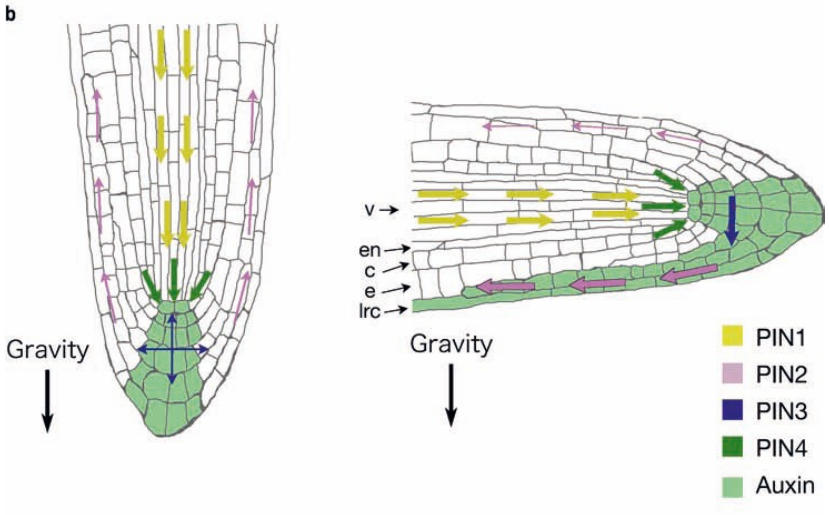

Entdeckung
molekularer Wirkmechanismus
Struktur
Auxin
physiologische Funktionen
Biosynthese
polarer Transport

Der molekulare Wirkmechanismus

Räumlich-zeitliche, asymmetrische Auxinverteilung







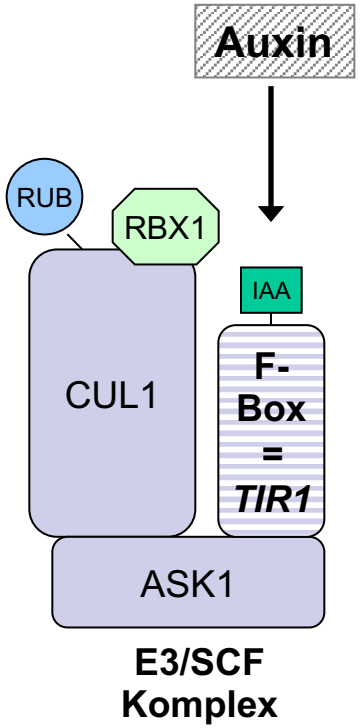
Auxin in Bewegung

Tanaka et al., Cell Mol Life Sci 2006

Der molekulare Wirkmechanismus

2005: Identifizierung eines Auxin-Rezeptors

Was ist ein F-Box Protein?



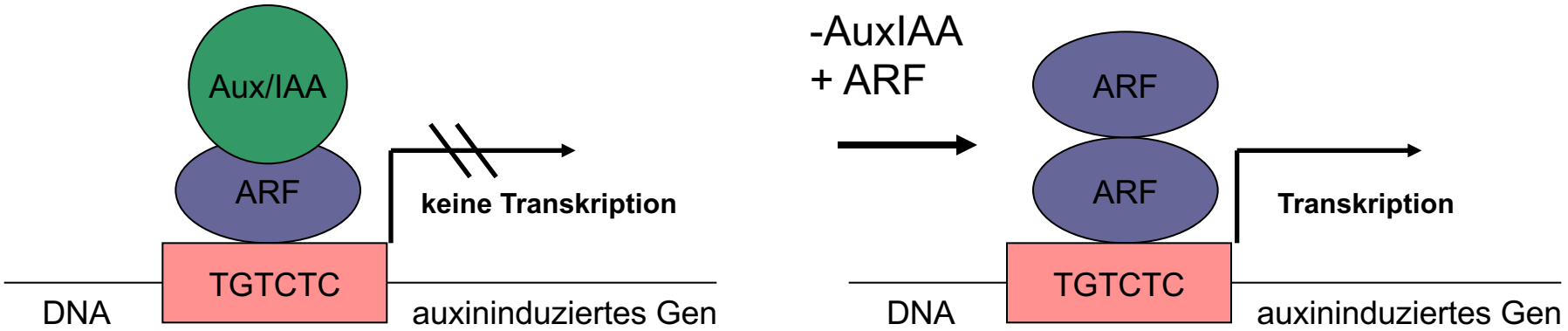
Ort der Perzeption: Kern

Funktion: Regulation der auxininduzierten Gen-expression

Teil einer E3 Ubiquitinligase

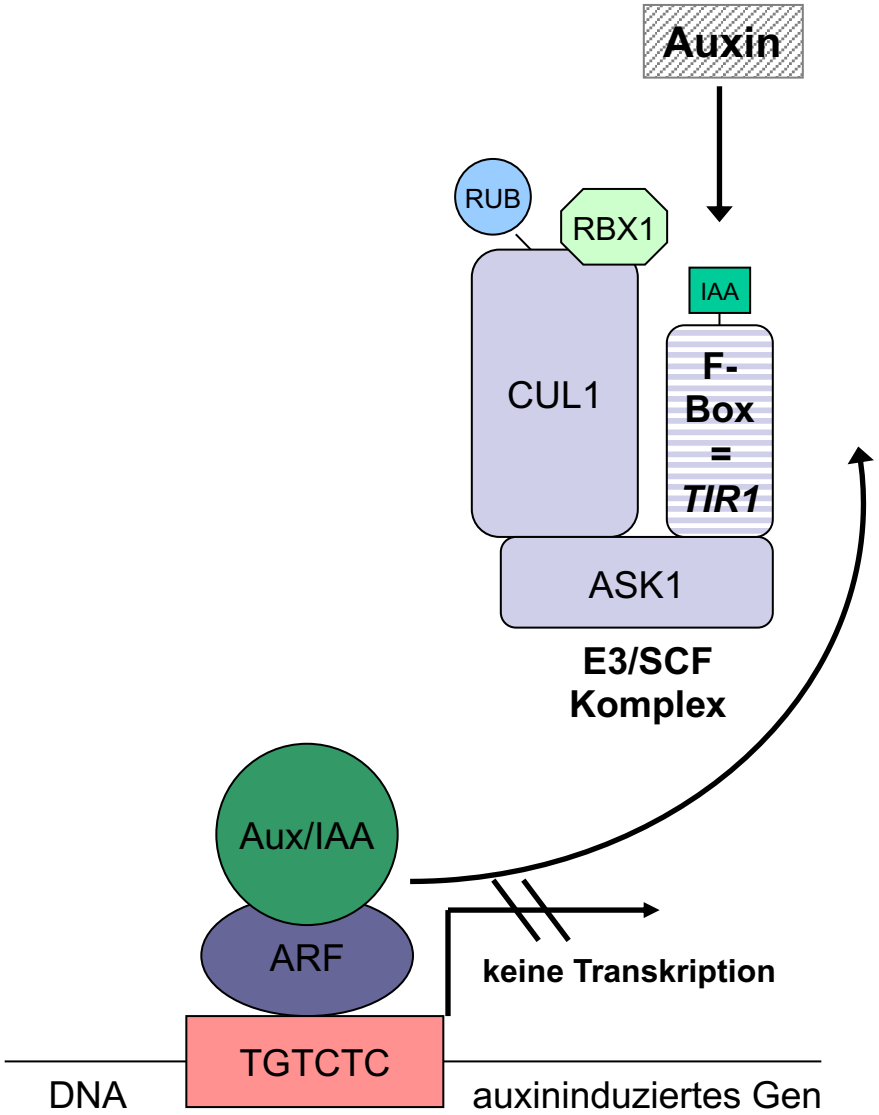
Der molekulare Wirkmechanismus

Ubiquitinierung und Abbau eines Repressors der Genexpression



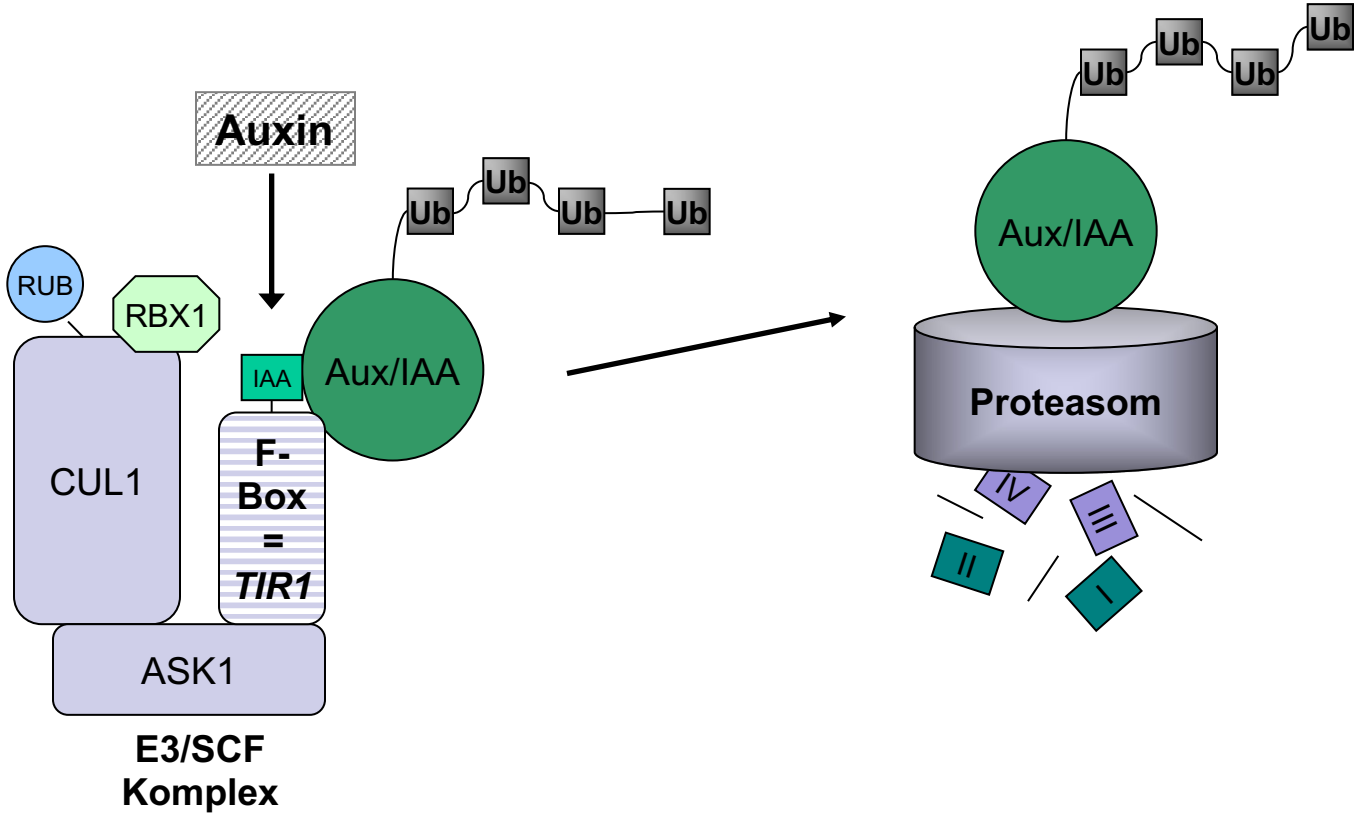
Der molekulare Wirkmechanismus

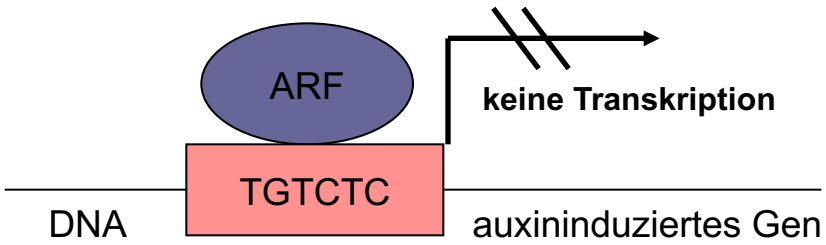
Ubiquitinierung und Abbau eines Repressors der Genexpression

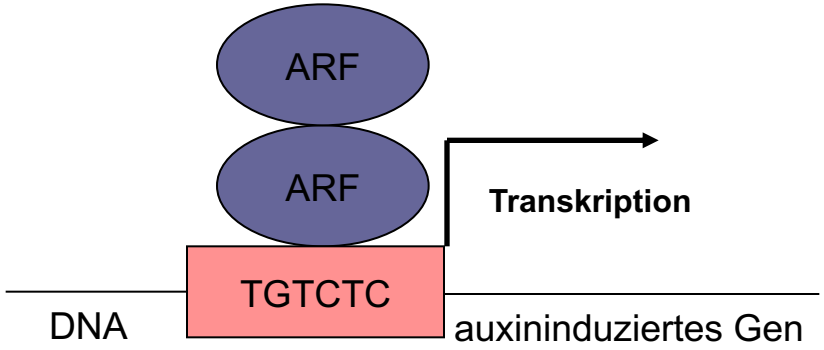


Der molekulare Wirkmechanismus

Ubiquitinierung und Abbau eines Repressors der Genexpression







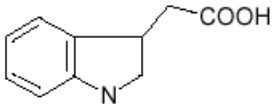
Zusammenfassung:

Wachstumsförderndes Agens

Entdeckung

Zellwandansäuerung,
Genregulation
TIR1 ist der Rezeptor

molekularer Wirkmechanismus



indole-3-acetic acid

Struktur

Auxin

Auxin-Gradienten!!!!!

physiologische Funktionen

Zellstreckung und Wachstum,
Phototropismus, Gravitropismus,

Organbildung, Leitgewebedifferenzierung,

Musterbildung (Embryo, Wurzel)

Biosynthese

über Tryptophan
und Indole

polarer Transport

basaler Exporter PIN1, lateraler Exporter PIN3...
AUX1 als Importer